

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公告

⑫ 特許公報(B2)

平4-56109

⑬ Int.Cl.<sup>8</sup>

C 22 C 38/00  
38/08  
38/58

識別記号

3 0 3 U

庁内整理番号

7325-4K

⑭ 公告 平成4年(1992)9月7日

発明の数 2 (全4頁)

⑮ 発明の名称 加工性と磁気特性のすぐれた高抗張力無方向性電磁鋼板

⑯ 特 願 昭62-321372

⑰ 公 開 平1-162748

⑱ 出 願 昭62(1987)12月21日

⑲ 平1(1989)6月27日

⑳ 発 明 者 中 元 正 弘 福岡県北九州市八幡東区枝光1-1-1 新日本製鐵株式会社八幡製鐵所内  
㉑ 発 明 者 坂 井 田 晃 福岡県北九州市八幡東区枝光1-1-1 新日本製鐵株式会社八幡製鐵所内  
㉒ 発 明 者 久 保 田 猛 福岡県北九州市八幡東区枝光1-1-1 新日本製鐵株式会社第三技術研究所内  
㉓ 発 明 者 立 野 一 郎 福岡県北九州市八幡東区枝光1-1-1 新日本製鐵株式会社第三技術研究所内  
㉔ 出 願 人 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区大手町2丁目6番3号  
㉕ 代 理 人 弁理士 茶野木 立夫  
㉖ 審 査 官 木 梨 貞 男

1

2

㉗ 特許請求の範囲

1 重量%で、

C : 0.01%以下

Si : 2.0%以上3.5%以下

Mn : 0.1%以上6.0%以下

P : 0.03%未満

Al : 0.03%以上1.50%以下

B : 0.0005%以上0.0100%以下

Ni : 0.3%以上6.0%以下

を含有し、残部が鉄および不可避免の不純物からなり、平均結晶粒径が30 $\mu$ m以下であることを特徴とする加工性と磁気特性のすぐれた高抗張力無方向性電磁鋼板。

2 重量%で、

C : 0.01%以下

Si : 2.0%以上3.5%以下

Mn : 0.1%以上6.0%以下

P : 0.03%未満

Al : 0.03%以上1.50%以下

B : 0.0005%以上0.0100%以下

Ni : 0.3%以上6.0%以下

さらに、

Cr : 5.0%以下

Mo : 5.0%以下

Cu : 0.4%以下

5 のなかの1種または2種以上を含有し、残部が鉄および不可避免の不純物からなり、平均結晶粒径が30 $\mu$ m以下であることを特徴とする加工性と磁気特性のすぐれた高抗張力無方向性電磁鋼板。

発明の詳細な説明

〔産業上の利用分野〕

本発明は加工性と磁気特性がともにすぐれた高抗張力無方向性電磁鋼板に関する。

〔従来の技術〕

従来、回転機器に要求されていた回転数は、  
15 高々10万rpm程度であり、ローター(回転子)用材料には積層された電磁鋼板が用いられてきた。最近、20~30万rpmもの超高速回転が要求されるようになり、ローターに加わる遠心力が、電磁鋼板の強度を上回る可能性が出てきた。

20 また、例えば最近の湯水発電機では昼間と夜間の需要電力の変動に、効率的に対応するために、

ローターの回転数を可変できるようにしなければならない。この場合にはさらに回転速度の変化に基づくローターに作用する遠心力変動に耐える強度を有する必要がある。

このため超高速回転機あるいは大幅な可変速タイプ発電機には、通常、電磁鋼板の代わりに十分な強度を持つ鋳鋼製のソリッドローターが使用される。しかし、この場合、鋳鋼ブロックからローターを削り出すという複雑な加工工程が必要になるためコストが高く、しかも積層タイプに比べ渦電流損失が大きく、電動機の効率が著しく低下するという問題点が生じている。

このようなニュースに対応して、最近では高抗張力を有する無方向性電磁鋼板について検討され、いくつか提案されている。例えば、特開昭60-238421号公報は、Siを3.5~7.0%と高め、さらにMn: 0.1~11.5%、Ni: 0.1~20.0%、Co: 0.5~20.0%、Ti: 0.05~3.0%、W: 0.05~3.0%、Mo: 0.05~3.0%、Al: 0.5~13.0%の固溶体強化成分の1種または2種以上を、1.0~20.0%含有させたスラブを素材とし、熱延後、熱延板に100~600℃の温間圧延を繰返して最終板厚に圧延し、焼鈍し、抗張力が50kg/mm以上の高抗張力無方向性電磁鋼板を得ている。

これは圧延の困難な高Si含有量としているので、面倒な温間圧延を必須としているが、圧延時に板破断の発生が多くなる恐れがあり、生産性の低下、歩留りの低下をもたらすなど改善の余地がある。

特開昭61-84360号公報では、Ni: 8~20%、Mo: 0.2~5.0%、Al: 0.1~2.0%、Ti: 0.1~1.0%、Cr: 1.0~10.0%を含有する高速回転電動機用の高抗張力軟磁性材料が提案されている。これは特にNiを、またCrを多量に含有しているために極めて高価な材料となる。

さらに特開昭61-9520号公報はSi: 2.5~7.0%と、Ti: 0.05~3.0%、W: 0.05~3.0%、Mo: 0.05~3.0%、Ni: 0.1~20.0%、Al: 0.5~13.0%の1種または2種以上を1.0~20.0%含有する溶鋼を用いて、急冷凝固法により高抗張力無方向性電磁鋼板を製造せんとするものである。これはプロセスが特殊であるために、通常の電磁鋼板の製造設備では製造できず、工業的に生産することが難しく、また加工性に改善の余地があると考えら

れる。

このように、高抗張力無方向性電磁鋼板について提案されているが、抗張力の高い無方向性電磁鋼板から、例えば超高速回転機や発電機のローター等を製作するさいは、剪断や打抜きされ、その端面に微小クラックが生じるケースがある。

さらに製作時に熱処理を受け、鋼板が脆化して延び特性が著しく劣化し所望のローター等、製品の製造が難しいという問題がある。

10 [発明が解決しようとする問題点]

本発明は加工性がすぐれて所望の製品に問題なく製作でき、かつ磁気特性がすぐれ、超高速回転機、大幅な可変速機能を有する発電機、および揚水発電機の如き超大型発電機などのローターに好適の高抗張力無方向性電磁鋼板を目的とする。

15 [問題点を解決するための手段]

本発明者達は、高抗張力の無方向性電磁鋼板からローター、鉄心などの鉄片を打抜き、剪断したさい、その切断端面に微小クラックなど割れ誘発部が発生せず、さらにその後、製作加工時に温度が上昇しても、伸び特性が劣化せずに十分な加工性を有する鋼板を、得るべく種々の実験と研究を行なった。

その結果、極低炭Si含有鋼に、Mn、Niさらに必要に応じてCr、Mo、Cuの1種または2種以上を含有させて高強度化し、Pを0.03%未満に低減させるとともにBを0.0005~0.0100%含有させると、加工性がすぐれ、磁気特性も良好になることを見出した。

30 本発明はこの知見に基づきなされたもので、その要旨は重量%で、C: 0.01%以下、Si: 2.0%以上3.5%以下、Mn: 0.1%以上6.0%以下、P: 0.03%未満、Al: 0.03%以上1.50%以下、B: 0.0005%以上0.0100%以下、Ni: 0.3%以上

35 6.0%以下を含有し、さらに必要に応じて、Cr: 5.0%以下、Mo: 5.0%以下、Cu: 0.4%以下の1種または2種以上を含有し、平均結晶粒径が30μm以下であることを特徴とする加工性と磁気特性のすぐれた高抗張力無方向性電磁鋼板にある。

以下に、本発明について詳細に説明する。

まず鋼成分について述べる。

Cは磁気特性を劣化させる成分で、0.01(重量)%を超えて含有すると鉄損を増大させるため、

0.01%以下とする。なお、Cは製鋼で脱炭するか、熱延板または冷延板で脱炭して上記範囲にされる。

Siは鋼の固有抵抗を高めて渦電流を減らし、鉄損を低下せめしるとともに、抗張力を高めるが、含有量が2.0%未満ではその効果が小さい。また3.5%を超えると鋼を脆化させ、さらに磁束密度を低下させるため3.5%以下とする。

Mnは鋼の抗張力を高めるとともに、固有抵抗を高め鉄損を低下させ、さらに鋼板の脆化防止の作用があるが、0.1%未満ではこれらの効果が少なく、一方、その含有量が多くなると鋼溶製が難しくなり、また磁束密度が低下するので6.0%以下とする。

Pは抗張力を高める効果の著しい元素であるが、鋼板からローター、鉄心などの鉄片を打抜き、または剪断したとき、その切断端面に微小クラックの発生を防止し、あわせてその後に製品製作時に加熱作用を受け、例えば150℃以上に加熱されても、脆化がなく、十分な伸び特性を得るために0.03%未満とする。

このように低減すると前記切断端面を何んら仕上加工せずとも、そのままの状態ですべての製品が容易に作成される。

Bは粒界破断を防止する作用があり、また前記Pの低減と相乗して脆化を防止する。この作用を奏させるには0.0005%以上必要である。該Bは前述の如き作用効果があるが、その含有量が余りにも多くなると、逆に脆化するため上限を0.0100%とする。

Alは脱酸材として、少なくとも0.03%は必要であり、またAlを含有させることにより、強度が向上し、固有抵抗増加により鉄損も低下するが、1.50%を超えると脆化が問題になるため、0.03~1.50%とする。

Niは磁気特性を劣化させることなく、強度を高めるのに有効であり、その作用を奏させるために0.3%以上とする。一方、その含有量が多くなると磁束密度を低下させるので6.0%以下とする。

さらに、必要に応じて、Cr、Mo、Cuの1種または2種以上を含有させる。これらは何れも磁気特性を劣化することなく、強度を高める作用がある。このために、Crは5.0%以下、Moは5.0%以下、Cuは0.4%以下の範囲で含有される。CrとMoは5.0%超となると、またCuは0.4%超になると磁束密度が劣化する。

前記成分を含み、残部が鉄および不可避不純物からなる高抗張力が無方向性電磁鋼板は、転炉や電気炉で溶製され、連続鋳造または造塊一分塊圧延によりスラブとされ、熱間圧延され、さらに必要に応じて熱延板焼鈍され、冷間圧延され、焼鈍して製造される。

また本発明の高抗張力無方向性電磁鋼板は平均結晶粒径を30μm以下とする。その理由は前記Si、Mn、Niさらに必要に応じて含有するCr、Mo、Cuにより固溶強化に加えて、強度を高めるために平均結晶粒径で30μm以下の細粒とする。

#### 実施例 1

重量%で、C：0.0015~0.0040%、Si：2.80~3.20%、Mn：0.04~2.50%、P：0.005~0.50%、Al：0.54~2.00%、B：0.0000~0.0115%、Ni：0.00~2.54%、Cr：0.00~1.54%、Mo：0.00~0.50%、Cu：0.00~0.30%を含有し、残部が鉄および不可避不純物からなる鋼スラブ供試材（表1）を、熱間圧延で板厚1.8mmとし、次いで無焼鈍のままあるいは850℃、30秒間の熱延板焼鈍を施して、冷間圧延により0.50mm厚にし、その後、焼鈍を実施して造った製品の結晶粒径、機械的性質および磁気特性を測定した。

結果を表2に示す。

第 1 表

(wt%)

No.	C	Si	Mn	P	Al	B	Ni	Cr	Mo	Cu
1	0.0015	3.13	1.50	0.005	0.55	0.0035	2.50	0.00	0.00	0.00
2	0.0015	3.10	0.10	0.005	0.65	0.0035	1.53	1.54	0.00	0.00
3	0.0025	3.18	1.54	0.02	0.60	0.0056	1.78	0.00	0.50	0.30
4	0.0040	2.80	2.50	0.02	0.54	0.0000	2.48	0.01	0.00	0.30

No.	C	Si	Mn	P	Al	B	Ni	Cr	Mo	Cu
5	0.0033	3.17	1.75	0.50	0.65	0.0044	1.00	0.00	0.00	0.25
6	0.0033	2.95	1.42	0.02	0.65	0.0015	1.06	1.53	0.30	0.03
7	0.0024	3.14	1.01	0.01	2.00	0.0057	0.00	0.50	0.36	0.03
8	0.0019	3.18	0.04	0.03	0.78	0.0115	2.54	0.88	0.21	0.02
9	0.0026	3.20	1.54	0.10	0.64	0.0038	2.44	0.73	0.29	0.06

表 2 表

No.	熱延 板焼 鈍	結晶粒 径 ( $\mu\text{m}$ )	降伏強さ	抗張力	伸び (%)	時効 脆化 値	W15/50 ( $\text{w/kg}$ )	B50 (T)	備考
			( $\text{kg/mm}^2$ )	( $\text{kg/mm}^2$ )					
1	無	19	62	71	26	無	6.22	1.63	本発明
2	無	24	60	71	27	無	6.15	1.64	本発明
3	無	25	61	69	27	無	6.10	1.65	本発明
4	有		破断のため、冷延出来ず						比較材
5	無		破断のため、冷延出来ず						比較材
6	無	20	63	73	26	無	6.36	1.64	本発明
7	無	37	45	55	29	無	5.60	1.63	比較材
8	有	28	60	70	26	大	6.26	1.64	比較材
9	有	27	65	74	27	大	6.16	1.63	本発明

時効脆化：打抜きでJIS 13A号試験片を製作し、 $200^\circ\text{C} \times 1000$ 時間の時効後、引張試験を実施し、伸び劣化が(時効前伸び $\times 0.3$ )以上の場合、「時効脆化大」とした。

## [発明の効果]

表2から明らかなように本発明では、降伏強さ $60\text{kg/mm}^2$ 以上、抗張力 $70\text{kg/mm}^2$ 、著しい脆化がな

くて伸び20%以上、鉄損W15/50、 $7\text{W/kg}$ 以下、磁束密度B50、1.6T以上の優れた強度と磁気特性をあわせもつ電磁鋼板が得られる。